

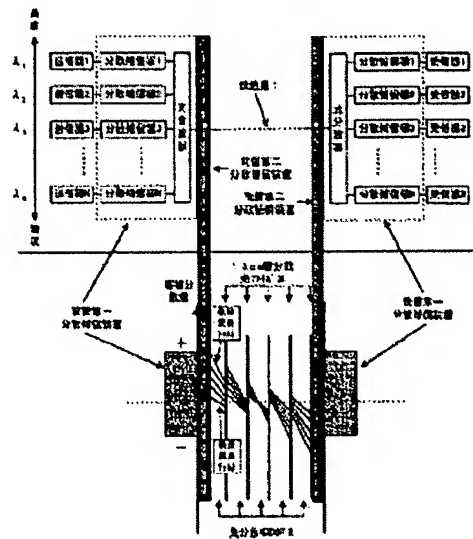
WAVELENGTH MULTIPLEXED LIGHT TRANSMITTING DEVICE

Publication number: JP11103286  
Publication date: 1999-04-13  
Inventor: ITO TOSHIHARU  
Applicant: NIPPON ELECTRIC CO  
Classification:  
- international: G02B6/00; H04B10/02; H04B10/18; H04J14/00; H04J14/02; G02B6/00; H04B10/02; H04B10/18; H04J14/00; H04J14/02; (IPC1-7): H04J14/00; G02B6/00; H04B10/02; H04B10/18; H04J14/02  
- European: H04B10/18D2  
Application number: JP19970276666 19970925  
Priority number(s): JP19970276666 19970925

Also published  
as:  
GB2330026 (A)

Report a data error here

Abstract of JP11103286  
PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the characteristic of a transmission line by arranging all channels in a normal dispersion area without increasing the size of a dispersion compensating device.  
SOLUTION: A transmission line is composed of a dispersion compensating fiber (a 2nd dispersion compensating device) arranged near a transmitting/ receiving terminal and a transmission line optical fiber 1 occupying a large part of the transmission line. Since the transmission characteristic of a normal dispersion area in the transmission line is higher than that of an abnormal dispersion area, the fiber 1 is set up so that all channels are arranged in the normal dispersion area. The dispersion compensating device arranged on the transmitting/receiving terminal is composed of plural 1st dispersion compensating devices 1 to N and a 2nd dispersion compensating device consisting of an optical fiber having positive dispersion for compensating large negative dispersion stored due to the transmission of all channels in the normal dispersion area. Since the 2nd dispersion compensating device can be used also as a transmission line, the size of the device is not increased as compared with a conventional system.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-103286

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月13日

(51) IntCl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

H 0 4 J 14/00

H 0 4 B 9/00

E

14/02

G 0 2 B 6/00

C

G 0 2 B 6/00

H 0 4 B 9/00

M

H 0 4 B 10/02

10/18

審査請求 有 請求項の数5 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平9-276666

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(22) 出願日

平成9年(1997) 9月25日

(72) 発明者 伊東 俊治

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

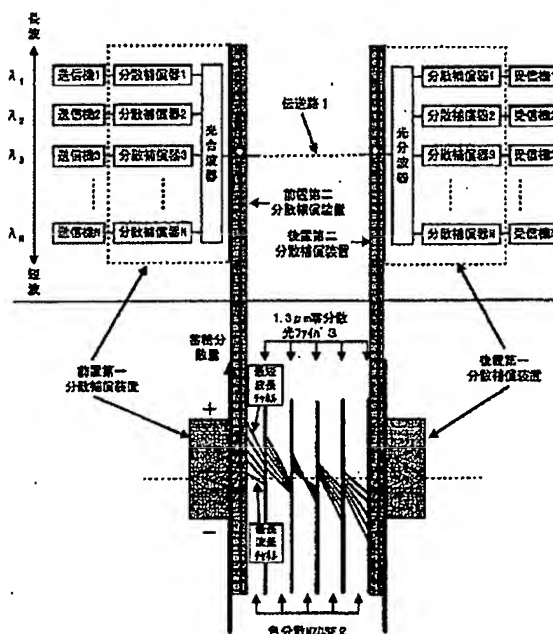
(74) 代理人 弁理士 鈴木 康夫 (外1名)

(54) 【発明の名称】 波長多重光伝送装置

(57) 【要約】

【課題】 分散補償装置を大型化することなく、且つ全てのチャンネルを正常分散領域に配置し伝送路特性を改善する。

【解決手段】 伝送路は、送受信端近くの分散補償用ファイバ(第二分散補償装置)と、大部分を占める伝送路光ファイバ1によって構成する。伝送路は正常分散領域の方が異常分散領域より伝送特性が優れているので、すべてのチャンネルが正常分散領域に配置されるように伝送路光ファイバを設定する。送受信端に配置される分散補償装置は、チャンネルごとの蓄積分散量の差を補償する第一分散補償装置1~Nと、すべてのチャンネルが正常分散領域の伝送により蓄積する大きな負分散を補償するための正の分散を持つ光ファイバによる第二分散補償装置によって構成される。この第二分散補償装置は伝送路としても利用できるので従来の方式と比較しても装置を大型化することはない。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 1本の伝送路光ファイバ中に波長の異なる複数の信号光を伝送する波長多重光伝送装置において、

全てのチャンネルが伝送路光ファイバの正常分散領域に配置されるように伝送路の分散を設定し、かつ中央付近のチャンネルが伝送路中で蓄積される分散量が補償されるように伝送路の両端に分散補償用の正分散光ファイバを配置することを特徴とする波長多重光伝送装置。

【請求項2】 前記分散補償用の正分散光ファイバは、送信端及び受信端で略等量に分配されることを特徴とする請求項1記載の波長多重光伝送装置。

【請求項3】 1本の伝送路光ファイバ中に波長の異なる複数の信号光を伝送する波長多重光伝送装置において、

全てのチャンネルが伝送路光ファイバの正常分散領域に配置されるように伝送路の分散を設定し、かつ中央付近のチャンネルが伝送路中で蓄積される分散量が補償されるように伝送路の両端に分散補償用の正分散光ファイバを配置するとともに、各チャンネルが伝送路で蓄積する分散量から前記分散補償用の正分散光ファイバで補償される分散量を差し引いた残りの分散量を補償するための、送信器の出力から波長多重用の光合波器の間及び波長分離用の光分波器から各チャンネルの受信器の入力の間に各チャンネルごとに分散補償用の光ファイバを配置することを特徴とする波長多重光伝送装置。

【請求項4】 各チャンネルごとの分散補償用の光ファイバは、送信端及び受信端に略50%ずつ分配されることを特徴とする請求項3記載の波長多重光伝送装置。

【請求項5】 伝送路は負の分散値を有する光ファイバと、正の分散値を有する光ファイバとを交互に接続した伝送路光ファイバであることを特徴とする請求項1、2、3又は4記載の波長多重光伝送装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は長距離（数千km～）波長多重光伝送システムに関し、特に、送受信器の構成及び伝送路全体の最適な分散配置を含む波長多重光伝送装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】高性能な光ファイバ増幅器の登場により数千kmを越えるような伝送距離においても、中継器における電気的な3R動作（re\_timing, re\_shaping, re\_generating）なしに光信号を伝送することが可能となり、その結果システムの信頼性、コスト等の面で光伝送技術が大幅に向上することになった。

【0003】また、1つの伝送路に複数の異なる波長を有する波長多重通信が研究された結果、1本のファイバで1Tb/sを越える伝送容量も実現してきている。

【0004】このような伝送距離及び伝送容量に関する

性能の向上は光増幅器が単チャンネル、又は複数チャンネルの信号光を一括して増幅する能力を持つことに起因する。このような光ファイバ増幅器と波長多重技術とを用いることにより長距離大容量の光通信を実現するための研究が積極的に行われている。

【0005】従来の長距離波長多重光伝送システムとしては、チャンネル数32、1チャンネルあたりの伝送速度5Gb/s（全容量160Gb/s）、伝送距離10、000km弱の光増幅中継伝送の実験が報告されている

（[1] Neal S. Bergano et al, OFC'97, PD16, [2] N. Shimojoh et al Electronics Letters, vol.33, No.10, pp.877-879, 1997参照。）。文献[1]記載の伝送実験は、正常分散領域と異常分散領域とを利用した伝送路光ファイバを使用した光伝送装置において伝送中に蓄積される分散量は受信端で一括して補償する補償法を採用したものに關し、また、文献[2]記載の伝送実験は、同様の伝送路光ファイバを使用した光ファイバ伝送装置において蓄積される分散量を送信端及び受信端の両方で補償する補償法を採用したものに關する。

【0006】ところで、上述のような長距離波長多重通信における重要な課題には、中継光増幅器の特性改善（雑音指数、帯域拡張、平坦化等）、伝送路の分散配置、分散補償法及び伝送路中で生ずる各種非線形光学効果の抑圧などがある。

【0007】前記非線形光学効果のなかで波長多重通信特有の問題として、自己位相変調効果と群速度分散との相互作用であるSPM-GVD効果による波形劣化がある。SPM-GVD効果とは、“自己位相変調による信号光スペクトルの広がり+波長分散による波形変化”の繰り返しによる波形劣化のことであり、非可逆な過程のため波形回復は困難である。この影響は伝送路の零分散波長から離れたチャンネルにおいてより顕著となる。

【0008】SPM-GVD効果を抑圧するためには、伝送路中の信号光強度は低いことが望ましい。しかし信号光強度の低下は信号対雑音比の劣化につながり、その下限は光増幅器の雑音特性（つまり雑音指数）に依存して決定されるもので極端に低下させることはできない。

【0009】信号光強度を下げる以外のSPM-GVD効果耐力の向上の手法としては、強度変調された信号光にビット同期の正弦波位相変調を重ねる方法が知られている（例えば、[3] Neal S. Bergano et al, OFC'96, TuN1, 1996）。また、このような位相変調の重畳は前記文献[1]及び[2]記載の伝送実験でも採用されている。ただし上記実験中では位相変調としてではなく、偏波変調という形で信号光に位相変調が重畳されている。

【0010】ビット同期位相変調の重畳によって伝送特性が向上する理由は、次の2つと考えられる。まず、ビット同期位相変調された信号光に適当な量の分散を付加すると波形が改善される効果があること。もう一つは、位

相変調により信号光スペクトルは過剰に拡大されるので伝送路中の分散により激しく波形が変化し、その結果ピークパワーが下がりSPMが低減することである。

【0011】このビット同期の位相変調の重畳による伝送特性の改善に関しては、データ成分と位相変調の位相関係については前記文献[3]において、また、伝送路中で蓄積される分散量を送信端及び受信端の両方で補償する補償法を採用する蓄積分散補償方法に関しては特開平9-46318号公報（[4]）において、それぞれ最適な構成が述べられている。

【0012】使用した光中継増幅器の雑音特性が劣り、伝送路中の信号光強度が高く設定されたにも拘わらず、文献[1]記載の伝送実験と比較して文献[2]記載の伝送実験の方が優れた伝送特性を示している。これは公報[4]記載の蓄積分散補償に関する改善された分散補償法によるところが大きい。

【0013】前記公報[4]中で提案されている改善された分散補償法とは、各チャンネルが伝送路中で受け蓄積される残留分散を送信端及び受信端で50%ずつ分割して補償するというものである。なお、前述のように文献[1]記載の伝送実験では分散補償を受信端で一括して補償する方法をとっている。

【0014】文献[2]においては、32チャンネルの信号光は1545.0nmから1560.5nmの間に0.5nm間隔に配置されている。また、伝送路の零分散は明記されていないが、1552.5nm付近であることが各チャンネルの非線形効果によるスペクトル広がりより推測される。これは使用する信号光帯域の中心付近であるから、前記チャンネルは前記公報[4]の中で提案されているとおり正常分散側と異常分散側に等しい数ずつチャンネルが分配されている。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】伝送路の正常分散領域と異常分散領域とでは伝送特性が異なるため、信号光に重畳する位相変調（チャープ）は、正常分散領域で正の向きに、異常分散領域で負の向きにするというように、両者が逆向きにする必要性が前記公報[4]で述べられている。

【0016】零分散付近においては、伝送特性自体は優れているものの自己位相変調効果によるスペクトル広がりが顕著となるので、隣接チャンネルとのスペクトルの重なりによって生ずるコヒーレントクロストークを避けるためにチャンネル間隔を広げる必要がある。また、スペクトル広がりを抑圧するため信号光強度をある程度低く抑える必要があり、伝送後の信号対雑音比を向上させるのには限度がある。

【0017】また、ビット同期の位相変調によるSPM-GVD効果耐力の向上は、異常分散領域では正常分散領域におけるほどの効果はない。

【0018】このように、伝送路零分散を挟み正常分散

領域と異常分散領域を両方とも利用するためには、チャンネルごとに送信器の動作条件を変える必要があること、零分散付近のスペクトル広がりにより気を配る必要があること、といった問題がある。

【0019】以上の結果により伝送路の異常分散領域及び零分散付近を避け、全てのチャンネルを正常分散領域で伝送させることが好ましいと考えられる。

【0020】しかしこの場合、最短波長のチャンネルは、より伝送路零分散波長から離れるので、余計に分散補償を行う必要があり、公報[4]で提案されている構成のままでは、送受信端に配置される分散補償装置が大型化してしまうという問題が生ずる。

【0021】（発明の目的）本発明の目的は、各種非線形光学効果の抑圧など、伝送路特性の改善を可能にする波長多光重伝送装置を提供することにある。

【0022】本発明の他の目的は、送信器の動作条件等をチャンネルごとに調整する必要がなく、全てのチャンネルの送信器を同一の条件により動作させることを可能にした波長多光重伝送装置を提供することにある。

【0023】本発明の更に他の目的は、送信端及び受信端に配置される分散補償装置を大型化することなく、かつ全てのチャンネルを伝送路の正常分散領域に配置して伝送させることのできる波長多重光伝送装置を提供することにある。

【0024】

【課題を解決するための手段】本発明の波長多重光伝送装置は、1本の伝送路光ファイバ中に波長の異なる複数の信号光を伝送させる波長多重伝送システムにおいて、すべてのチャンネルが伝送路光ファイバの正常分散領域に配置されるように伝送路の分散を設定し、かつ中央付近のチャンネルが伝送路中で蓄積される分散量がちょうど補償されるように伝送路の両端に正分散光ファイバを配置する。また、前記構成の波長多重光伝送装置において、前記分散補償用の正分散光ファイバを、送信端及び受信端ではほぼ等量に分配する配置する。

【0025】更に、前記波長多重光伝送装置において、各チャンネルが伝送路で蓄積される分散量から前記分散補償用の正分散光ファイバで補償される分散量を差し引いた残りの分散量を補償するため、送信器の出力から波長多重用の光合波器の間に、また波長分離用の光分波器から各チャンネルの受信器の入力の間に、各チャンネルごとに分散補償用の光ファイバを配置する。また、前記構成の波長多重光伝送装置において、各チャンネルごとの分散補償用の光ファイバは、送信端及び受信端にそれぞれ略50%ずつ分配する。

【0026】（作用）全てのチャンネルを正常分散領域に設定することで伝送信号に対する各種非線形光学効果を抑制するとともに、チャンネルごとの送信器動作条件等の調整の容易化及びチャンネル間隔の短縮化を可能とし、また、この設定により増大する分散補償量を送信端及び受

10

20

30

40

50

信端に配分することで分散補償装置が大型化するのを回避する。

【0027】

【発明の実施の形態】次に、本発明の波長多重光伝送装置の一実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0028】図1は、本発明の実施の形態の送信端及び受信端の波長多重光伝送装置の基本構成と、伝送路の分散マップを示す図である。

【0029】同図において、送信端はそれぞれ使用波長  $\lambda_1 \sim \lambda_N$  の送信機1～N、前置第一分散補償装置1～N、波長多重用の光合波器及び前置第二分散補償装置を備える。受信端は受信光信号に対する後置分散補償装置と、多重分離用光分波器1～N、分散補償器1～N及び受信機1～Nを備える。

【0030】伝送路1は、平均分散が全てのチャネルの信号光波長において若干の負（右下がり）になるように構成する。例えば、使用する光ファイバとして負の分散を有する光ファイバ2、具体的には、分散値-2ps/nm/km程度のNZDSF（Non Zero Dispersion Shift Fiber）と、分散値+17ps/nm/km程度の正の分散を持つ光ファイバ3、例えば、1.3μm零分散光ファイバによって、分散量が全てのチャネルの信号光波長において若干の負になるように構成することができる。

【0031】この場合、伝送路は、1.3μm零分散光ファイバの使用波長における分散値が+17ps/nm/kmとすると、NZDSF 500kmに対し1.3μm零分散光ファイバを約55km程度接続するようにして、これを繰り返すことにより伝送路の平均分散が全てのチャネルにおいて負（右下がり）になるように伝送路を構成することができる。つまり、このような伝送路では波長多重された各信号光は高次分散のためそれぞれ異なる平均分散を受けるが、全てのチャネルを正常分散領域において伝送させるため、全てのチャネルにおいて伝送路の平均分散が負になるようにNZDSFと1.3μm零分散光ファイバの比率を調整する。より具体的には伝送路の平均零分散が最長波長チャネルより1～2nm程度長波長側になるようにする。

【0032】ところで、このような伝送路は信号波長に対して正常分散寄りに設定されるため、伝送路の両端において正の分散補償を行う必要がある。前記公報[4]記載の方式と比較すると、伝送路で受ける分散量は大きいのでこのような方式を採用したのでは分散補償装置は大型化してしまう。

【0033】本実施の形態では分散補償装置が大型化するという課題を克服するため、送信端及び受信端に配置される分散補償装置をそれぞれ2つの部分で構成する。また、送信端及び受信端に配置される分散補償装置は、光増幅器の方向等を除けば同一の構成により実現する。

【0034】そこで、次に本実施の形態における分散補

償装置として送信端に配置される分散補償装置について説明する。本実施の形態の分散補償装置は各チャネルごとの第一分散補償装置と波長多重における第二分散補償装置とで構成される。

【0035】第一分散補償装置は、伝送路の高次分散の存在により生ずる各チャネル間の蓄積分散量の差を補償するためのものであり、チャネルごとに蓄積分散の値に応じた正または負の値をつ分散補償用の光ファイバによって構成する。具体的には、中央のチャネルに対して長波長側のチャネルについては信号光波長において負の分散を持つ分散補償光ファイバを、また、短波長側のチャネルについては正の分散を持つ光ファイバを使用する。

【0036】第二分散補償装置は、全てのチャネルを伝送路の正常分散領域で用いるためのものであり、正の値を持つ分散補償用の光ファイバにより構成される。その分散量は中央のチャネルが伝送路で蓄積される分散量の50%（送、受信端で計100%）に設定する。

【0037】このように、送信端では、各チャネルは信号光波長と伝送路の距離と高次分散の大きさによって決定される第一の分散補償器をそれぞれ通過した後に光合波器により合波され、続いて正の分散を持つ第二の分散補償装置の光ファイバを通る。

【0038】他方、受信端では、受信信号光は送信端と同一構成の正の値を持つ分散補償光ファイバで構成され中央のチャネルが伝送路で蓄積される分散量の50%に設定された後置第二分散補償装置を通過した後に光分波器により分波され、続いて各チャネルはチャネル間蓄積分散量の差を補償する後置第一の分散補償器を通る。

【0039】本実施の形態によれば、第二分散補償装置は伝送路として使用することができる。そのため、送信端及び受信端に配置される分散補償装置は第一分散補償装置だけであり、分散補償装置としては公報[4]記載の構成と比較しても大型化、複雑化することはない。

【0040】また、第二分散補償装置に例えば+2ps/nm/km程度のNZDSFを採用すると、最短波長チャネルの最大残留分散量を減らすことができ、その結果伝送特性を向上させることができる。

【0041】次に、本実施の形態における送信端の構成、特に分散補償装置の具体的構成について説明する。

【0042】図2(a)は、送信端の分散補償器等の第一の構成例を示す図である。

【0043】各チャネルの送信機の構成は、所望の信号光波長を出力する光源(LD)10と、光源に接続されデータ信号を信号光に重畳させるための強度変調器11と、前記強度変調器に接続され信号光にビット同期の位相変調を重畳する位相変調器12と、位相変調器に接続された第一分散補償装置13を有する。また、第一分散補償装置13はチャネルごとの分散量の異なる分散補償光ファイバ1～Nと、それを一つに束ねる光合波器によって構成される。なお、分散補償光ファイバが長いため

光増幅器を途中で挿入する必要がある場合には、分散補償光ファイバ中に光増幅器を挿入することがある。

【0044】第二分散補償装置14は、正の分散を持つ光ファイバにより構成され、第一の分散補償装置13内の光合波器の出力に接続される。

【0045】第一及び第二分散補償装置13、14内で付加される分散量は以下のように求められる。

【0046】まず、第二分散補償装置14の分散補償量を伝送路中で蓄積される分散量を考慮して決定する。中央のチャンネルの波長を $\lambda_C$  [nm]、伝送路零分散波長を $\lambda_0$  [nm]、伝送路中の平均分散スロープの大きさを $a$  [ps/nm<sup>2</sup> km]、伝送距離を $L$  [km]とする。

【0047】この場合、中央のチャンネルが受ける蓄積分散量の大きさは、 $a \cdot (\lambda_C - \lambda_0) \cdot L$  [ps/nm]である。よって第二の分散補償装置14で付加すべき分散量は $-a \cdot (\lambda_C - \lambda_0) \cdot L/2$  [ps/nm]となる。

【0048】続いて、第一分散補償装置13における各チャンネルへ付加する分散量を求める。波長 $\lambda$ のチャンネルが伝送路中で受ける蓄積分散量は $a \cdot (\lambda - \lambda_0) \cdot L$  [ps/nm]である。このうち送信端及び受信端に配置されるそれぞれの第二分散補償装置において合計 $-a \cdot (\lambda_C - \lambda_0) \cdot L$  [ps/nm]が補償される。よって残りの $-a \cdot (\lambda - \lambda_C) \cdot L$  [ps/nm]分だけ補償する必要があり、送信端及び受信端の2回を考えると $-a \cdot (\lambda - \lambda_0) \cdot L/2$  [ps/nm]となる。

【0049】図2(b)は、送信端の分散補償器等の第二の構成例を示す図である。この構成例は、図2(a)に示す構成の位相変調器12を偏波変調器15に替えたものである。長距離光伝送システムでは、各コンポーネントに含まれる偏波依存性損失、光増幅器中の偏波ホールバーニングといった信号光の偏光状態に依存した効果が伝送特性を劣化させることが知られている。このため信号光の偏光状態をあらかじめスクランブルし、わざと無偏光化した状態で伝送することを行う。この信号光の無偏光化を信号の1ビットの中で行うビット同期偏波スクランブルは同時にチャープを信号光に重畳させるため、位相変調器によるビット同期位相変調と同様の効果を持つ。

【0050】図3は、送信端の第一分散補償装置等の他の構成例を示す図である。各チャンネルの送信器に対し直列接続した前置分散補償器を共有して使用する構成を採用するものである。この場合各前置分散補償器の分散量は、隣接チャンネル間の蓄積分散量の差によって決定され

る。この構成を用いると分散補償光ファイバを共有するため分散補償装置を小型化することができる。

【0051】

【発明の効果】本発明によれば、長距離波長多重光通信における分散補償装置の大型化、高コスト化を回避することができ、また、全てのチャンネルを伝送特性が優れた正常分散領域に配置することが可能である。

【0052】また、各チャンネルが伝送路の零分散領域や異常分散領域を使用することがないため、このような領域を用いた伝送システムと比較すると伝送路中の光強度を充分高くすることができる。

【0053】一般に波長多重光通信においては、チャンネル間隔は中継増幅器の増幅帯域と平坦性及び補償分散量に大きく影響を与えるのであるべく狭くなることが好ましい。本発明によれば、零分散付近のスペクトル広がり を考慮しなくてよいので、従来方式より信号光強度の向上に加えてチャンネル間隔の短縮が可能となる。

【0054】更に、本発明は、全てのチャンネルを正常分散領域に設定するので、送信器の動作条件等をチャンネルごとに調整する必要がないので、全てのチャンネルの送信器を同一の条件により動作させることができシステムの簡略化が実現できる。

【0055】以上のように本発明は、長距離波長多重光伝送に適した伝送システムを構築するうえで好適である。

【0056】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態を示す図である。

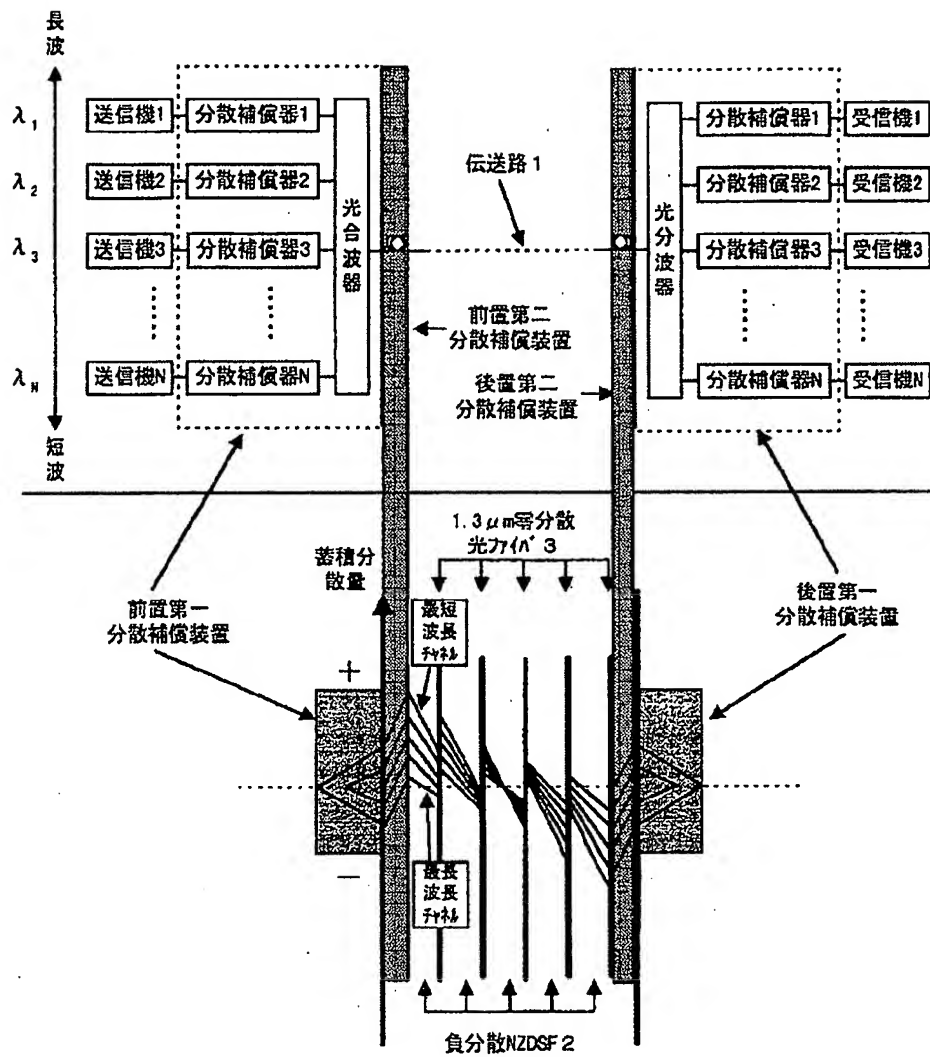
【図2】本発明の実施の形態における分散補償装置の構成例である。

【図3】本発明の実施の形態における分散補償装置の他の構成例である。

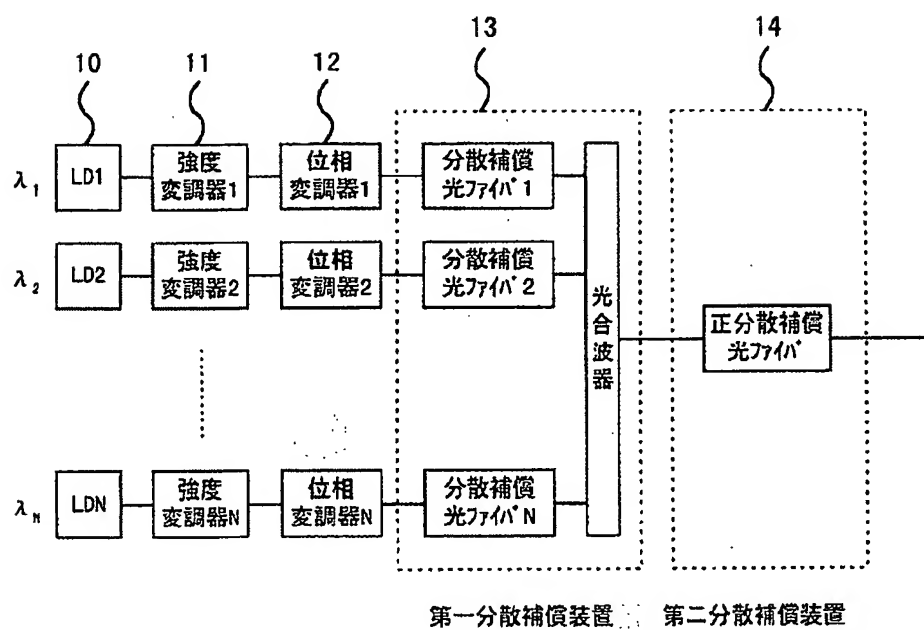
【符号の説明】

- 1 伝送路
- 2 負分散NZDSF
- 3 1.3  $\mu$ m零分散光ファイバ
- 10 光源(LD)
- 11 強度変調器
- 12 位相変調器
- 13 第一分散補償装置
- 14 第二分散補償装置
- 15 偏波変調器

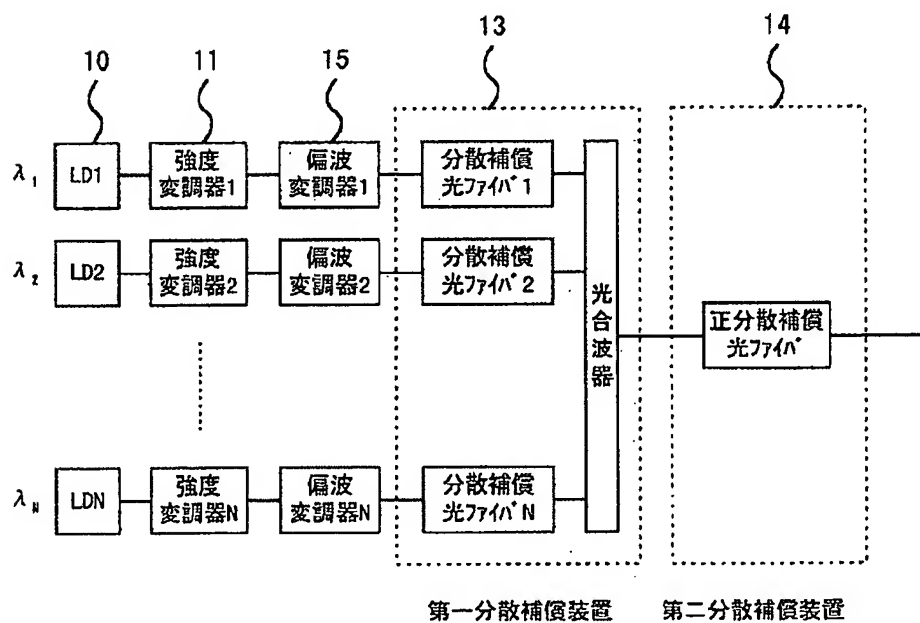
【図1】



【図2】



(a)



(b)



【図3】

